

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
GRAFIČKI FAKULTET

PETRA NAZOR

GRANIČNE VRIJEDNOSTI KVALITETE TISKA
NA NEUPOJNIM TISKOVNIM PODLOGAMA

DIPLOMSKI RAD

Zagreb, 2013.



Sveučilište u Zagrebu
Grafički fakultet

PETRA NAZOR

GRANIČNE VRIJEDNOSTI KVALITETE TISKA NA NEUPOJNIM TISKOVNIM PODLOGAMA

DIPLOMSKI RAD

Mentor:
Doc.dr.sc. Igor Zjakić

Student:
Petra Nazor

Zagreb, 2013.

SAŽETAK

Karakteristika ofsetnog tiska za razliku od drugih tehnika tiska je mogućnost tiska na različite vrste tiskovnih podloga. Ta karakteristika ofsetnog tiska moguća je zbog gumene navlake na prijenosnom cilindru koja se izvrsno prilagođava različitim gramaturama, hrapavostima i kvalitetama tiskovnih podloga. Kvaliteta ofsetnog tiska mijenja se ovisno o tiskovnoj podlozi na koju se tiska. Ne mogu sve tiskovne podloge postići istu kvalitetu. Na nekim podlogama ne može se postići kvaliteta kao na probnom otisku laserskim pisačem. Jedna od važnih karakteristika tiska je sposobnost prihvaćanja bojila na tiskovnu podlogu. Ta sposobnost se očituje u mogućnosti tiska s većom ili manjom gustoćom obojenja, a najveći utjecaj na to ima kvaliteta tiskovne podloge koja je u direktnoj vezi sa sušenjem bojila. Kada je tiskovna podloga manje kvalitetna, ukupni nanosi bojila na podlozi trebaju biti manji. U tim slučajevima koristi se GCR ili UCR metoda prilikom rastriranja u grafičkoj pripremi ili mogućnost mijenjanja gustoće obojenja za vrijeme tiska. Svaka tiskovna podloga ima određene karakteristike koje utječu na primanje bojila i refleksiju s površine koja ima utjecaj na konačni doživljaj kvalitete tiska.

KLJUČNE RIJEČI

Ofsetni tisak

Kvaliteta tiska

Neupojne tiskovne podloge

SUMMARY

Characteristic of offset printing unlike many other printing techniques is the ability to print on different types of print media. This characteristic of offset printing is possible due to the rubber sleeve on the portable cylinder that perfectly adapts to different weights, roughness and qualities of print media. Quality of offset printing changes depending on what printing substrate we are printing. Not all printing substrate can achieve the same quality. On some surfaces can not be achieved quality as good as soft proof laser printer. One of the key features is the ability to accept printing ink to the printing surface. This ability is reflected in the printing options with a higher or lower density inks, and the greatest impact on the quality of a printing have substrate that is directly related to the drying inks. When the printing surface is smaller quality, the ink which is applied to the surface need to be smaller. In these cases, we use the UCR or GCR method while we screening in prepress or the possibility of changing the density tints during printing. Each printing substrate has specific characteristics that affect the acceptance of color and reflection from the surface which has an impact on the final experience of printing quality.

KEY WORDS

Offset printing

Printing quality

Non-absorbent printing substrate

SADRŽAJ

1. UVOD	1
2. TEORIJSKI DIO	2
2.1. OFSETNI TISAK	2
2.1.1. Strojevi za ofsetni tisak	2
2.1.1.1. Uređaj za ulaganje araka	3
2.1.1.2. Sustav cilindara	3
2.1.1.3. Uređaj za vlaženje tiskovne forme	6
2.1.1.4. Uređaj za bojanje tiskovne forme	7
2.1.1.5. Uređaj za izlaganje araka	7
2.1.2. Tiskovna forma za ofsetni tisak	8
2.1.3. Otopina za vlaženje za ofsetni tisak	11
2.1.4. Bojila za ofsetni tisak	12
2.1.5. Tiskovne podloge za ofsetni tisak	13
2.1.5.1. Utjecaj tiskovne podloge na kvalitetu tiska	14
2.1.5.2. Tiskarska svojstva tiskovne podloge	15
2.1.5.3. Ovisnost tiskovne podloge i bojila	18
2.2. UPRAVLJANJE KVALITETOM OFSETNOG TISKA	20
2.2.1. Gustoća obojenja	21
2.2.2. Relativni tiskovni kontrast	24
2.2.3. Prostor boja CIE $L^*a^*b^*$	27
3. EKSPERIMENTALNI DIO	30
3.1. PLAN RADA	30
3.2. KORIŠTENI STROJEVI, UREĐAJI I MATERIJALI	31
3.2.1. Ofsetni stroj Heidelberg Speedmaster SM 74	31

3.2.2. Tiskovna forma	32
3.2.3. BojiloINKredibleResista	32
3.2.4. Tiskovne podloge	33
3.2.5. Spektrofotometar X – rite SpectroEye	33
4. REZULTATI I RASPRAVA	35
5. ZAKLJUČCI	52

1. UVOD

Ofsetni tisak je najzastupljenija tehnika tiska u posljednjih nekoliko desetljeća kako u svijetu, tako i u Hrvatskoj. Ova tehnika tiska dominira zbog velike prilagodljivosti različitim tiskovnim podlogama, velike brzine otiskivanja, velikih formata i visoke kvalitete reprodukcije.

Danas je uz brzinu i nisku cijenu proizvodnje, kvaliteta otiska jedan od najbitnijih faktora grafičke proizvodnje. Cilj svakog procesa tiska je što kvalitetnija reprodukcija, zbog toga se pokušavaju zadovoljiti svi čimbenici koji utječu na kvalitetu tiska, a jedan od njih je i tiskovna podloga.

Rad se sastoji od teorijskog i eksperimentalnog dijela. U teorijskom dijelu objašnjen je osnovni princip ofsetnog tiska, dijelovi ofsetnog stroja, tiskovne podloge, te kako se definira kvaliteta takvog tiska i parametri koji utječu na nju. U eksperimentalnom dijelu ispitano je kako tiskovna podloga utječe na kvalitetu ofsetnog tiska i međusobni odnos gustoće obojenja i kvalitete tiska tako da su se spektrofotometrijski mjerile gustoće obojenja, a vizualno odredio raspon gustoće obojenja na uzorcima napravljenim na četverbojnom ofsetnom stroju. Određene su granične vrijednosti kvalitete tiska na neupojnim tiskovnim podlogama. Ispitano je kako se mijenja kvaliteta otisaka s obzirom na promjene u procesu tiska. Definirano je kako prihvatanje bojila i gustoća obojenja utječu na kvalitetu tiska, te da li tiskovne podloge uvjetuju i ograničavaju kvalitetu ofsetnog tiska.

2. TEORIJSKI DIO

2.1. OFSETNI TISAK

Ofsetni tisak razvio se iz kamenotiska ili litografije 1905. godine kada je Amerikanac Bullock konstruirao stroj koji je između tiskovnog i temeljnog cilindra imao još jedan cilindar presvučen mekanim gumiranim platnom. Ofsetni tisak označava indirektnu tehniku tiska zbog otiskivanja posredstvom mekanog ofsetnog cilindra koji daje kvalitetnije otiske. Uz ofsetni cilindar, glavna karakteristika ofsetnog tiska je da su tiskovni elementi i slobodne površine tiskovne forme u istoj ravnini [1]. Ime je dobio prema engleskim riječima *set off* što znači skinuti, odvojiti, prenijeti [2].

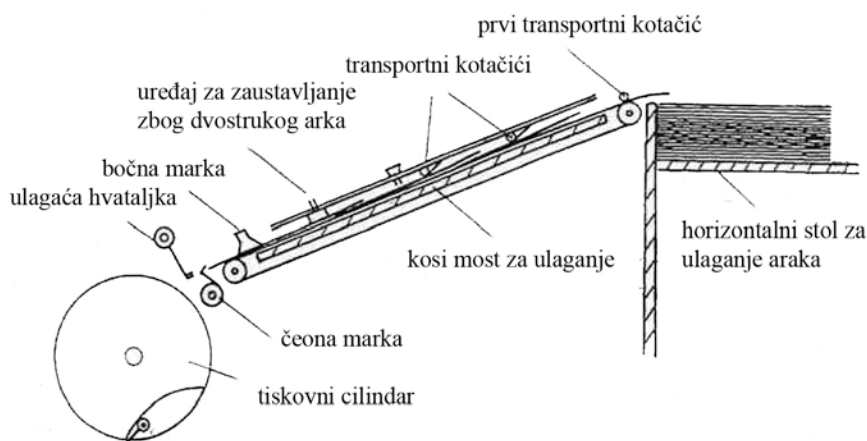
2.1.1. Strojevi za ofsetni tisak

Ofsetni strojevi se mogu podijeliti na strojeve za tisak na arke i na strojeve za tisak iz role. Strojevi se dalje mogu podijeliti prema formatu (strojevi malog formata, srednjeg formata i velikog formata) i prema broju tiskovnih jedinica tj. otisnutih boja u jednom prolazu (jednobojni, dvobojni, četverobojni, peterobojni itd.). Svaki stroj se može podijeliti na njegove cjeline:

- uređaj za ulaganje araka,
- tiskovna jedinica (sustav cilindara),
- uređaj za vlaženje tiskovne forme,
- uređaj za bojenje tiskovne forme,
- uređaj za izlaganje araka,
- pogonski uređaj i kontrolni sustavi [3].

2.1.1.1. Uređaj za ulaganje araka

Osnovni zadatak uređaja za ulaganje je kontinuirano ulaganje tiskovne podloge u tiskovnu jedinicu. O ovom uređaju ovisi maksimalna brzina tiska. Kao što je prikazano na slici 1. uređaj za ulaganje započinje stolom za ulaganje araka na kojem se nalaze tiskovne podloge na kojima će se tiskati. Za vrijeme tiska stol se automatski podiže u skladu s debljinom tiskovne podloge. Sa stola se arak odvaja od kupa pomoću zračne puhaljke, a pomoću vakumskog i tlačnog mehanizma se prebacuje na kosi ulagači most do bočne i čeonih marki koje ga poravnavaju i postavljaju u pravilan položaj. Pomoću hvataljki za predulaganje, arak papira preuzimaju hvataljke tiskovnog cilindra [3].



Slika 1 . Primjer uređaja za ulaganje kod ofsetnih strojeva [3]

2.1.1.2. Sustav cilindara

Ofsetne tiskovne jedinice imaju tri cilindra: temeljni, ofsetni i tiskovni cilindar. Strojevi mogu imati više tiskovnih jedinica koje su po konstrukciji identične. Svi cilindri su jednakog polumjera, što se vidi na slici 2., a međusobno su povezani zupčanicima koji im osiguravaju jednake kutne brzine. Cilindri moraju biti i međusobno paralelni, a to se

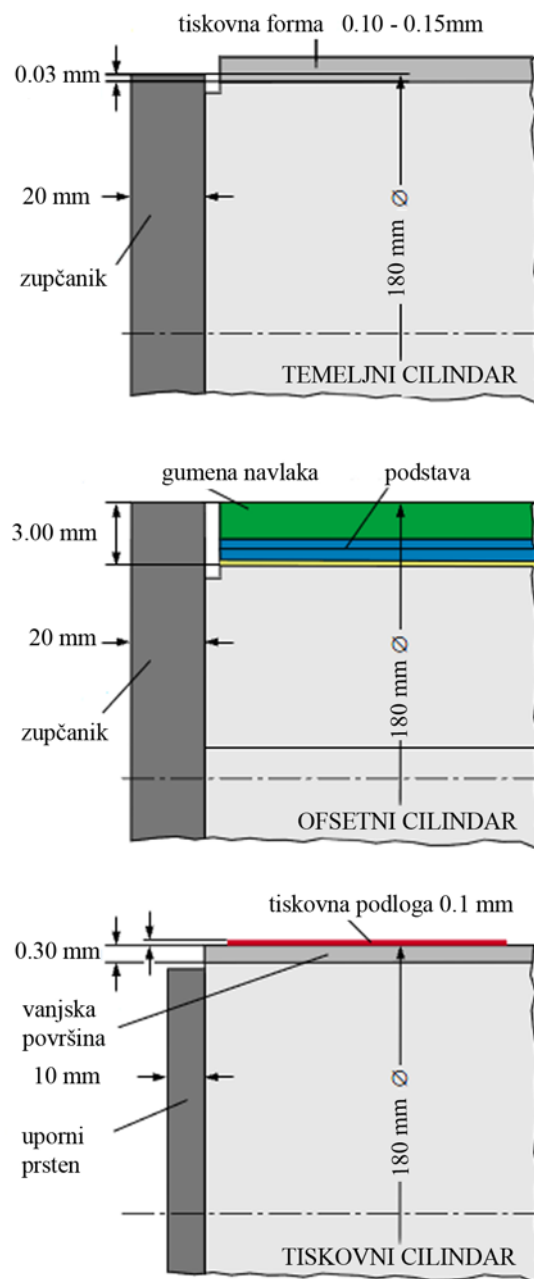
osigurava podešavanjem razmaka upornih prstena koji se nalaze na krajevima svakog cilindra [4].

Temeljni cilindar je nositelj tiskovne forme. Tiskovna forma pričvršćena je škripovima koji su smješteni na dijelu temeljnog cilindra koji ima izrez. Ukupan polumjer temeljnog cilindra je polumjer cilindra plus debljina tiskovne forme i podloga koja se dodaje ispod forme kako bi se izjednačio polumjer s ofsetnim i tiskovnim cilindrom. Temeljni cilindar za razliku od ostalih kojim imaju jedan, ima dva zupčanika od kojih je jedan vezan za pogonski stroj, a drugi za ofsetni cilindar. Temeljni cilindar je moguće rotirati kako bi se dobio što bolji registar za tisak.

Ofsetni cilindar posredno povezuje tiskovnu formu s tiskovnom podlogom i tako prenosi bojilo. Na cilindru se nalazi gumena navlaka koja je nategnuta i fiksirana. Razlikuju se tri kvalitete navlake:

- mekana (gumirano platno i filc/papir)
- srednje tvrda (gumirano platno i gumirano platno/papir)
- tvrda (gumirano platno i karton/papir)

Ukupan polumjer ofsetnog cilindra je polumjer samog cilindra i podstava koje se podstavlja ispod gumene navlake, a o kojoj ovisi tvrdoća cijele navlake. Kao podstava se koriste kartoni ili folije točno definirane debljine. Podstava se upotrebljava da bi se poboljšala karakteristika gumene navlake i da bi se postigla željena tvrdoća koja utječe na kvalitetu reprodukcije rasterskih elemenata, što je guma tvrđa to je rasterska točkica manja i obrnuto. Tvrde podloge su pogodnije za tisak rastera na kvalitetnim premazanim papirima, a mekše za tisak punih površina i linija [5].



Slika 2. Sustav cilindara ofsetnog stroja [4]

Tiskovni cilindar transportira tiskovnu podlogu kroz tiskovnu jedinicu i ostvaruje pritisak u tisku. Za vrijeme tiska je u neposrednom kontaktu s ofsetnim cilindrom s kojeg se bojilo prenosi na tiskovnu podlogu. Dodirna zona cilindara je 1.1 mm, a potrebna sila za

dobivanje otiska je $250 - 300 \text{ N/cm}^2$. Tiskovni cilindar je izliven od željeza, te je kao i ostali cilindri šupalj. Vanjska površina cilindra je glatka i ispolirana, a ne nosi nikakvu navlaku. Na cilindru se nalaze hvataljke koje drže arak papira za vrijeme tiska [3].

2.1.1.3. Uređaj za vlaženje tiskovne forme

Uređaj za vlaženje ima ulogu nanošenja otopine za vlaženje na tiskovnu formu. Ovisno o veličini i kvaliteti stroja postoje različite konstrukcije uređaja za vlaženje. Svaki uređaj se sastoji od spremnika otopine, valjka duktora, prijenosnog valjka, valjka za razribavanje i nanošenje. Valjak duktor se rotira u otopini za vlaženje, a pomični prijenosni valjak preuzima otopinu od duktora i prenosi je do sustava za razribavanje i nanošenje otopine na tiskovnu formu. Doziranje otopine za vlaženje regulira se promjenom brzine okretanja duktora kojeg pokreće vlastiti elektromotor i pomoću valjka za doziranje, kao što je prikazano na slici 3 [3].

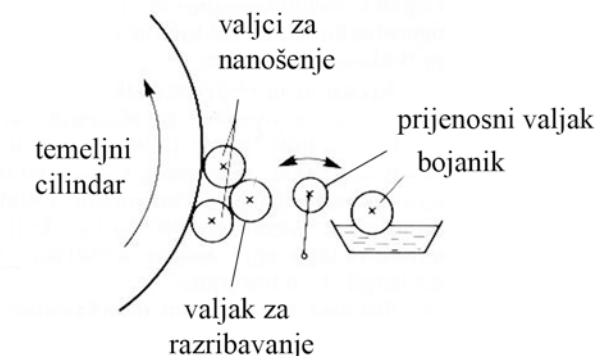


Slika 3. Osnovni princip uređaja za vlaženje kod ofsetnih strojeva [3]

Da bi se izbjeglo sporo uspostavljanje ravnoteže bojila i otopine za vlaženje, do čijeg miješanja dolazi tek na tiskovnoj formi, konstruiran je uređaj za vlaženje *alcolor*. Uređaj se sastoji od pet valjaka, a jedan od njih je direktno povezan sa uređajem za bojenje. Otopina za vlaženje sadrži do 15% izopronanola [6].

2.1.1.4. Uređaj za bojanje tiskovne forme

Uređaj za bojanje prenosi bojilo od spremnika bojila do tiskovne forme. Kao što je prikazano na slici 4. sastoji se od bojanika sa zonskim vijcima, prijenosnog valjka, valjaka za razribavanje i nanošenje kojih može biti više, ovisno o konstrukciji i veličini stroja. Promjenom brzine bojanika regulira se količina bojila koja dolazi na tiskovnu formu. Raspored količine bojila po širini arka regulira se položajem zonskih vijaka na bojaniku koji uvjetuju propuštanje manje ili veće količine bojila. Boja s bojanika pomoću prijenosnog valjka prelazi na valjke za razribavanje, zatim na valjke za nanošenje, pa na tiskovnu formu. Za postizanje veće kvalitete bitno je razribavanje bojila i nanošenje jednoličnog sloja bojila na tiskovnu formu. Količina bojila koja se nanosi na tiskovnu formu mora biti tanak sloj debljine 2 -3 μm [3].

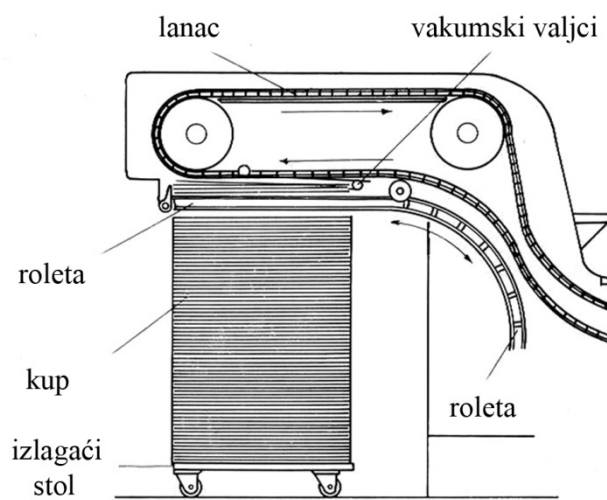


Slika 4. Osnovni princip uređaja za bojanje kod ofsetnih strojeva [3]

2.1.1.5. Uređaj za izlaganje araka

Uloga uređaja za izlaganje je preuzimanje otisnutog arka sa tiskovnog cilindra i izlaganje na izlagači stol. Pri izlaganju arak papira i otisak se ne smiju oštetiti. Uređaj se sastoji od lančastog transportera i stola za izlaganje araka, kao što je prikazano na slici 5. Lančasti transporter se sastoji od dva lanca na svakoj bočnoj strani koji se povezuju hvataljkama. Hvataljke drže arak za vrijeme transporta od tiskovnog cilindra do stola za izlaganje araka.

S obzirom da su arci papira svježiji, put bi trebao biti što je moguće dulji. Kada arak dođe do izlagačkog stola prelazi preko pneumatskih kočnica za usporavanje koje usisaju zrak. Arak pada na izlagači kup oslonjen na čelno ravnalo. Arak se smješta na stol u smjeru tiska pomoću prednjeg i stražnjeg ravnala, te dva ravnala koja s obje strane udarcima bočno poravnavaju arke na vrhu kupa [3].



Slika 5. Primjer uređaja za izlaganje kod ofsetnih strojeva [3]

Uređaji za izlaganje mogu imati i dodatne uređaje za prašenje u svrhu sprječavanja sljepljivanja izlagačkog kupa. Uređaj za prašenje nanaša sloj pudera na arak kako bi se pospješilo sušenje otisaka [3].

2.1.2. Tiskovna forma za ofsetni tisak

Tiskovna forma za ofsetni tisak zasniva se na oleofilnosti odnosno hidrofobnosti tiskovnih elemenata i hidrofilnosti odnosno oleofobnostine tiskovnih elemenata tj. slobodnih površina. Na tiskovnu formu se nanosi bojilo na bazi ulja koje se selektivno prihvaća samo na tiskovne elemente, dok je na slobodnim površinama otopena za vlaženje [3].



Slika 6. Monometalna tiskovna forma za ofsetni tisak

Na slici 6. nalazi se tiskovna forma koja se najčešće koristi za ofsetni tisak. To je monometalna aluminijska ploča debljine 0.3 mm koja je oslojena tankim fotoosjetljivim diazo slojem. Takve ploče se osvjetljavaju pomoću predloška i razvijaju, te tako nastaje tiskovna forma sa slobodnim površinama (aluminijev oksid) i tiskovnim elementima (kopirni sloj) [7]. Osim monometalnih, postoje i polimetalne ploče koje su izrađene od dvije ili više kovina, a najčešće su bakar i krom.

Kod konvencionalnog načina izrade tiskovnih formi za ofsetni tisak koristili su se filmovi ili kopirni predlošci za separaciju svake pojedine boje. Preko filma ili kopirnog predloška osvjetljavale su se tiskovne forme, koje su se zatim razvijale u nekoj od otopina koje su bile u mogućnosti ukloniti osvijetljeni ili neosvijetljeni dio tiskovne forme, ovisno o postupku.

Razvojem CtP (*Computer to Plate*) tehnologije tiskovne forme se mogu izrađivati digitalno pomoću lasera bez upotrebe kopirnih predložaka i procesa njihove izrade. Kao što se vidi na slici 7. ovaj postupak izrade tiskovnih formi znatno je smanjio vrijeme i unaprijedio grafičku proizvodnju [8]. Uređaj u kojem se izrađuje tiskovna forma naziva se *platesetter*, odnosno uređaj za ispis tiskovnih formi. Postoje tri osnovna CtP sustava za izradu tiskovnih formi s obzirom na geometriju ispisa u *platesetteru*:

- uređaji s vanjskim bubnjem,
- uređaji s unutarnjim bubnjem,
- uređaji s plošnim sustavom.

Ovisno o vrsti uređaja za ispis i tiskovnoj formi, koristi se točno određena valna duljina lasera i snop svjetlosti usmjerava se na formu pod točno određenim kutom. Postoje četiri vrste tiskovnih formi koje se koriste u CtP uređajima za ofsetni tisak:

- tiskovne forme na bazi srebra - halogenida,
- tiskovne forme s fotopolimernim slojem,
- termalne tiskovne forme,
- hibridne tiskovne forme.



Slika 7. Radni tijek CtP sustava

2.1.3. Otopina za vlaženje za ofsetni tisak

Uloga otopine za vlaženje u ofsetnom tisku je prekrivanje hidrofilnih slobodnih površina tiskovne forme. Otopina za vlaženje nanosi se na tiskovnu formu neposredno prije nanošenja bojila. Kako bi se izbjegle mnoge neželjene pojave u tisku koje izaziva voda koristi se minimalno tekućine za vlaženje, ali dovoljno kako ne bi došlo do pojave toniranja i gubitka kvalitete [3]. Osim negativnih karakteristika, otopina za vlaženje čisti ploču, hladi je hlađenjem, regenerira je i produžuje vijek trajanja, te smanjuje prijenos bojila i produžuje vrijeme sušenja otisaka [5].

Najveći dio otopine za vlaženje je voda tvrdoće 8 – 10 dH. Tvrdoća vode jedan je od glavnih parametara za kvalitetan otisak. Pretvrda voda nepovoljno djeluje na otisak pretvarajući nakon nekog vremena slobodne površine u tiskovne elemente zbog čega se dobiva neoštar otisak i toniranje, pa se koristi omekšana voda iz omekšivača koji uklanjaju kalcijeve i magnezijeve ione. Osim tvrdoće, bitna je i pH vrijednost vode čija promjena izaziva gubitak selektivnosti tiskovne forme pa time utječe na toniranje i mazanje u tisku. Idealna pH vrijednost za dobro primanje otopine za vlaženje na slobodne površine je 5.5 pH. Da bi se postigla blaga kiselost koriste se puferi [3]. U vodu se još dodaju sredstva za smanjenje površinske napetosti, sredstva protiv mikroorganizama i dodaci za sprječavanje stvaranja mulja [7].

Vlaga u tisku negativno djeluje na paser zbog rastezanja papira pa se nastoji otopinu za vlaženje smanjiti ili ukloniti iz ofsetnog tiska. Zbog toga se stalno konstruiraju novi strojevi koji imaju i nove sisteme za vlaženje koji koriste otopinu za vlaženje sa dodatkom 10 – 12% izopropilnog alkohola. Dodatkom alkohola smanjuje se površinska napetost otopine, omogućava se vlaženje s minimalnim nanosom, postižu se odlični rezultati u tisku, a smanjuje se i broj makulatura pri pokretanju stroja. Danas se proizvode i ofsetni strojevi koji imaju plošne tiskovne forme, a ne upotrebljavaju otopinu za vlaženje, takva vrsta tiska naziva se bezvodni ofsetni tisak [3].

2.1.4. Bojila za ofsetni tisak

Bojila za ofsetni tisak su guste paste dinamičkog koeficijenta viskoznosti 40 - 100 Pa·s [4]. Bojilo se sastoji od pigmenata, veziva, otapala i dodataka. Pigmenti su sitne čestice, veličine 0.01 do 10 µm, koje određuju obojenje. Pigmenti prema sastavu mogu biti: čađa, bijeli anorganski pigment, obojani anorganski pigment i organski pigment. Čestice pigmenata, čiji je udio 10 – 30%, su dispergirane u vezivu. Vezivo po kemijskom sastavu može biti: kolofonska smola (20 - 50%), akrilna smola (0 - 20%), biljno ulje (0 - 30%) i mineralno ulje (20 - 40%). Vezivo nosi pigment kroz stroj do tiskovne podloge gdje tijekom sušenja veže pigment za podlogu, daje bojilu reološka svojstva (viskoznost, tečljivost, ljepljivost itd.), sušiva svojstva i pogodnost za tisak [5]. Za poboljšanje svojstva bojila koriste se dodaci, a to su najčešće katalizatori sušenja (kobalt i mangan), voskovi za povećavanje otpornosti bojila na habanje i agensi za sprečavanje preranog sušenja bojila [7].

Ofsetnim tiskom prenosi se jako tanak sloj bojila na tiskovnu podlogu. Sušenje otisaka provodi se oksipolimerizacijom površinskog sloja, hlapljenjem i prodiranjem tekućih komponenata bojila u tiskovnu podlogu [4]. Bitno svojstvo ofsetnih bojila je sposobnost bojila da se ne miješa i kemijski ne reagira s otopinom za vlaženje, tako se osigurava ravnoteža bojila i otopine za vlaženje tijekom tiska cijele naklade. U slučaju kad je brzina tiska veća od brzine sušenja koriste se neki pomoćni, mehanički uređaji za sušenje.

S obzirom na sastav i primjenu, ofsetna bojila mogu se podijeliti na:

- standardna ofsetna bojila,
- bojila s visokom sjajnošću,
- bojila s poboljšanim otporom na otiranje,
- bojila za bezvodni ofsetni tisak,
- bojila za tisak na neupojnim podlogama,
- bojila za roto - tisak (heat - set),

- bojila za novinski tisak,
- UV - bojila,
- IR - bojila,
- EB - bojila [4].

2.1.5. Tiskovne podloge za ofsetni tisak

Ofsetnim tiskom moguće je tiskati na različite vrste tiskovnih podloga zbog gumene navlake na ofsetnom cilindru koja se ovisno o tvrdoći i kompresibilnosti prilagođava različitim kvalitetama i hrapavostima tiskovnih podloga [3]. Zbog mogućnosti otiskivanja na različitim podlogama, tiskovne podloge podijeljene su prema standardizaciji u pet osnovnih kategorija. Tiskovne podloge su definirane karakteristikama CIE $L^*a^*b^*$ vrijednosti refleksije površine materijala, glatkoćom površine i sjajnosti. Navedene vrijednosti prikazane su u tablici 1. okvirno, mjerenjem navedenih karakteristika tiskovne podloge se svrstavaju u kategoriju koja je najbliža [9].

Tablica 1. Karakteristike osnovnih vrsta papira [9]

Vrsta papira	L^*	a^*	b^*	Glatkoća [%]	Svjetlina [%]	Gramatura [g/m ²]
Sjajni premazani, bezdrvni	93	0	- 3	65	89	115
Mat premazani, bezdrvni	92	0	- 3	38	89	115
Sjajni premazani za rototisak	87	- 1	3	55	70	70
Nepremazani bijeli	92	0	-3	6	93	115
Nepremazani žućkasti	88	0	6	6	73	115
Tolerancija	± 3	± 2	± 2	± 5	-	-

Papiri koji najviše pogoduju ofsetnom tisku su oni sa što višim stupnjem glatkosti. S otpadanjem glatkosti površine papira kvaliteta ofsetnog tiska ne pada naglo zbog gumene navlake koja amortizira neravnine hrapave površine papira [3].

2.1.5.1.Utjecaj tiskovne podloge na kvalitetu tiska

Zbog utjecaja tiskovne podloge na otiscima su moguća odstupanja u obojenju, a uzroci mogu biti:

- nanosi bojila u tisku naklade nisu ravnomjerni,
- boje papira u istoj nakladi su različite,
- papiri su različite hrapavosti,
- površine papira premazane su različitim premazima,
- površine papira premazane su i satinirane mat-glatko, glatko, jako glatko i sjajno,
- površine papira premazane različitim premazima s nekim tiskarskim bojilima različito kemijski reagiraju, tada bojila na nekom papiru promijene nijansu,
- površine papira nakon premazivanja lakovima ili nanosa plastike dobivaju različit sjaj i dodatna svojstva,
- tijekom tiska naklade nanosi bojila na otiscima određivani su bez mjerenja spektralnim denzitometrom [10].

Tiskovna podloga na više načina utječe na kvalitetu tiska:

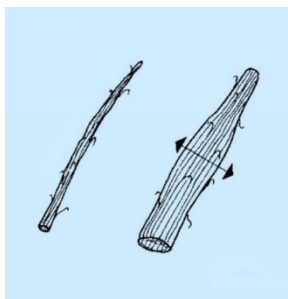
- pH vrijednošću tiskovne podloge,
- tiskarskim svojstvima tiskovne podloge (hrapavost, upojnost i dr.),
- mehaničkim svojstvima tiskovne podloge (napetost/rastezljivost, otpornost prema kidanju i dr.),
- optičkim svojstvima tiskovne podloge (bjelina, ton boje, prozirnost, sjaj, postojanost prema svjetlu i dr.).

pH vrijednost tiskovne podloge uz neke druge čimbenike bitno utječe na brzinu sušenja otisaka. Kiselost ekstrakta premaza ili papirne mase određuje pH vrijednost papira. Celulozno vlakno je samo po sebi neutralno, ali prilikom tehnološkog procesa proizvodnje papira može zadržati kisel ili lužnati karakter. Kod nepremazanih papira vrijednost je

jednaka na površini i u unutrašnjosti papira, dok se kod premazanih papira te vrijednosti razlikuju. Vrijednost pH za nepremazane papire je 4.5 – 5.5 pH, a za premazane papire je nešto veća. Idealna pH vrijednost tiskovne podloge je 6.3 – 7 pH [11].

2.1.5.2. Tiskarska svojstva tiskovne podloge

Papir je tanka plošna tvorevina dobivena ispreplitanjem celuloznih vlaknaca kojima su dodana punila, keljiva, bojila i drugi dodaci, kako bi se postigla željena svojstava budućeg papira ovisno o njegovoj namjeni. Sirovine od kojih se proizvode celulozna vlakanca papira su najčešće drvo, jednogodišnje biljke, krpe i stari papir. Svako celulozno vlakance je higroskopno tj. može primiti tekućinu i nabubriti, kao što je prikazano na slici 8. To svojstvo utječe na prodiranje tekućine u papir, odnosno njegovu upojnost. Papiri s mnogo vlaknaca imaju visoku upojnost i obrnuto [11]. Upojnost papira se regulira keljenjem tj. zatvaranjem celuloznih vlaknaca. Određeni stupanj keljenosti postiže se dodavanjem keljiva papirnoj masi, dopunskim površinskim obrađivanjem ili kombinacijom oba postupka [2]. Keljiva koja se koriste u proizvodnji papira su kolofonij, sintetička keljiva, škrob, parafin, vodeno staklo, umjetne smole (polietilenamin), vodeno staklo, tutkalo i neka druga keljiva za posebne namjene [12]. Ako se keljiva apliciraju po površini papira, takve papire ne smatramo premazanim papirima, već keljenima [11]. Papir se može stupnjevito keljiti: četvrtkeljen (1/4), polukeljen (2/4), tričetvrtkeljen (3/4) i punokeljen (4/4) papir. Što je stupanj keljenja veći otpada stupanj upojnosti papira [13].



Slika 8. Vlakanca papira šire se apsorbirajući tekućinu [11]

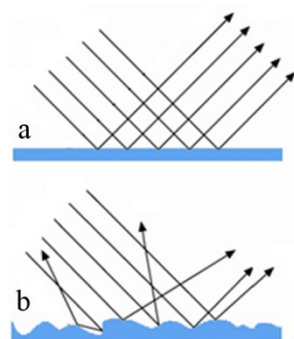
Prema upojnosti tj. svojstvu koje se odnosi na apsorpciju tekućine, papire možemo podijeliti na:

- upojne,
- djelomično upojne,
- neupojne.

Upojnost je vrlo bitan faktor u kvaliteti tiska. Premala upojnost ne omogućuje bojilu u ofsetnom tisku dovoljno brzo prodiranje u tiskovnu podlogu, a rezultat toga je mazanje svježih otiska na uređaju za izlaganje. Zbog premale upojnosti prilikom višebojnog ofsetnog tiska može se dogoditi da gumene navlake posljednjih boja pokupe dio bojila s otiska koji su otisnuti ranije u tiskovnim jedinicama. Ukoliko se tiska na papire s djelomično slabom upojnosti otisci izgledaju pjegavo. Prevelika upojnost tiskovnih podloga dovodi do prebrzog prodiranja veziva bojila u podlogu, dok pigment ostaje nevezan na površini i lako se otire. Prijenosni cilindar zajedno s bojiлом na tiskovnu podlogu prenosi i otopinu za vlaženje. Upijanjem otopine za vlaženje u masu tiskovne podloge dolazi do bubrenja vlaknaca čiji je rezultat povećanje dimenzija arka, pogotovo u smjeru okomitom na smjer vlaknaca. Ako su promjene dimenzija velike dolazi do smanjenja kvalitete tiska ili čak do nemogućnosti tiska [13].

Osim keljiva u papir se dodaju i punila s ciljem da se poboljšaju svojstva papira i mogućnosti tiska. Punila su anorganski, najčešće mineralni dodaci koji se mogu dodavati u masi prilikom proizvodnje ili naknadno u obliku površinskog premaza čime se dobiva premazani papir. Punila ispunjavaju međuprostore vlaknaca koji stvaraju mrežastu strukturu, izravnavaju površinu papira između vlaknaca, papir postaje mekaniji, povećava se glatkoća, sjaj, opacitet, bjelina i gramatura, a smanjuje se transparentija. Punila imaju i negativne posljedice, otpada stupanj keljenja tj. povećava se upojnost jer su punila upojna. Zbog punila se smanjuju mehanička svojstva jer se prekidaju veze između vlaknaca, što može uzrokovati čupanje i prašenje u tisku [12].

Sjaj papira koji se obično određuje hrapavošću površine papira je također bitan faktor u kvaliteti tiska. Hrapavost ovisi o rasporedu vlaknaca na površini, količini i finoći punila, stupnjem mljevenja i načinu glačanja papira [11]. Kada zrake dnevnog svjetla valne duljine 380 – 700 nm padnu na sjajnu površinu tj. podlogu, reflektiraju se gotovo potpuno (zrcalna refleksija), a na hrapavim papirima će se svjetlost raspršiti u nekoliko smjerova (difuzna refleksija), što se vidi na slici 9. Zbog toga otisak na premazanom papiru djeluje svjetlije. Papiri visokog sjaja daju bolju zasićenost boja na otisku nego hrapavi papiri, a razlog tome je manje raspršenje upadne svjetlosti. Problem hrapave tiskovne podloge može se riješiti otiskivanjem sloja laka preko otisnute tiskovne podloge, čime će se postići glatkoća i dodatna zrcalna refleksija, a time i bolji otisak [10].



Slika 9. Refleksija svjetla na: a) sjajnom papiru,
b) hrapavom papiru [10]

Odnos upadne svjetlosti i njene refleksije ovisi o parametrima koji uzrokuju refleksiju i apsorpciju na tiskovnoj podlozi. Kao što je prikazano na slici 10., ulazna svjetlost koja se reflektira s površine materijala ovisi o:

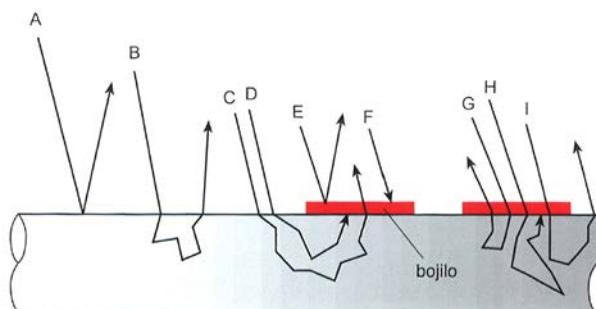
- A – refleksiji s površine tiskovne podloge
- B – debljini, gustoći i strukturi tiskovne podloge
- C – propusnosti sloja bojila povratne svjetlosti
- D – apsorpciji sloja bojila povratne svjetlosti
- E – refleksiji sloja bojila

F – apsorpciji svjetlosti na sloju bojila

G – propusnosti upadne i povratne svjetlosti

H – apsorpciji upadne i povratne svjetlosti

I – refleksiji djelomično apsorbirane svjetlosti kroz sloj bojila i tiskovnog materijala

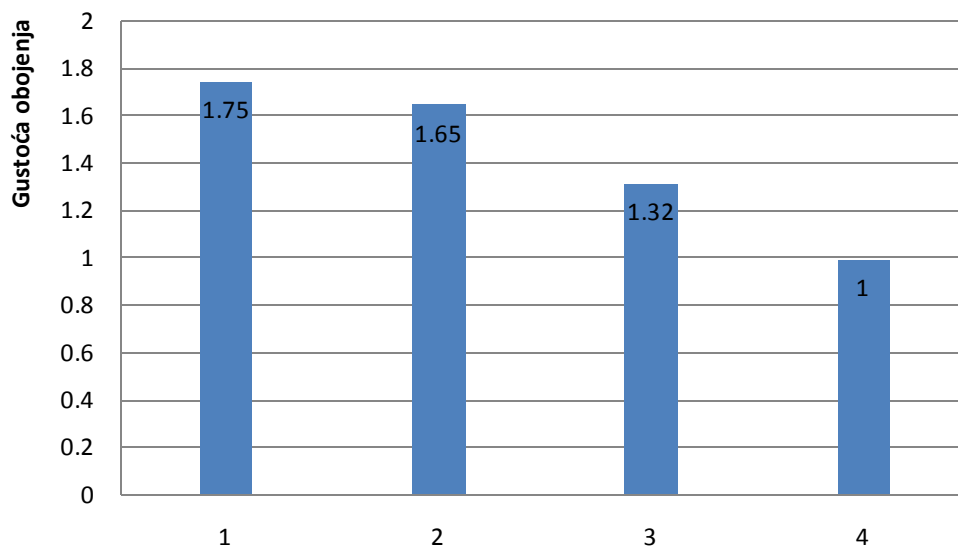


Slika 10. Prikaz najčešćih refleksija s površine
i unutrašnjosti tiskovne podloge [9]

U idealnom slučaju reflektirana svjetlost bi se reflektirala samo u slučajevima 100%-tne refleksije s dijelova površine tiskovne podloge koji nisu tiskani (A) i refleksije s dijelova površine tiskovne podloge koji su tiskani (E), kod koje se svjetlost reflektira samo s gornje površine tiskovnih elemenata [9].

2.1.5.3. Ovisnost tiskovne podloge i bojila

Bojila se biraju prema tiskovnim podlogama i obrnuto. Svi proizvođači proizvode bojila prema standardizaciji. Između svojstava visokog sjaja i maksimalne gustoće obojenja mora postojati ravnoteža zbog prirasta, oštine rastera i mogućnosti čupanja površine kod papira, te dodatnog pranja gumenih navlaka na ofsetnim tiskarskim strojevima kad se tisak radi na vrlo zahtjevnim površinama kakve imaju hrapavi i super glatki papiri [10].



Graf 1. Ovisnost gustoće obojenja o vrsti papira:

1. 90 g/m² premazani papir; 2. 65 g/m² premazani papir;
3. 52 g/m² novinski papir; 4. 50 g/m² poboljšani novinski papir [10]

Graf broj 1. pokazuje gustoće obojenja koje se mogu postići na premazanim i nepremazanim papirima kad se tisak radi jednakim nanošenjem boje. Visoka gustoća obojenja na površini određene vrste papira postiže se većim nanošenjem bojila, odnosno nanosom debljeg sloja bojila. Na papirima s visokom upojnošću gustoća obojenja je niža. Do toga dolazi zato jer takve površine papira odbijaju (reflektiraju) svjetlo jednolično za razliku od nepremazanih papira koji mogu upiti bojilo. Zbog toga se dobivaju otisci koji slabije i nejednoliko reflektiraju svjetlo, pa se u tisku smanjuje gustoća obojenja. Veći nanos bojila i otopine za vlaženje tijekom tiska može loše utjecati na kvalitetu papira, što se može odraziti na jačinu obojenja [10].

Potrošnja bojila ovisi o površini tiskovne podloge. Kod premazanih, neupojinih papira otisnuto bojilo ostaje na površini, dok papiri s visokom upojnošću npr. novinski, upijaju boje. Da bi se u tisku uvijek postizala jednaka gustoća obojenja na novinskom papiru potroši se otprilike 200% više bojila nego na premazanim papirima. To znači da se za

jednaku gustoću obojenja kakva se može postići na neupojnim, glatkim, sjajnim papirima, na upojnim papirima troši znatno veća količina bojila [10].

2.2. UPRAVLJANJE KVALITETOM OFSETNOG TISKA

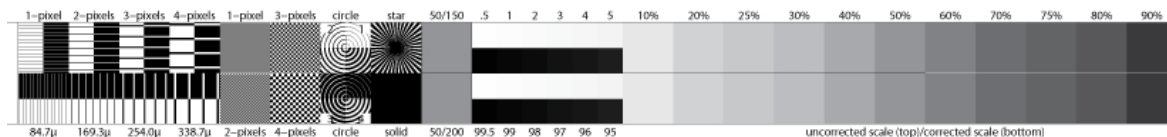
Jedan od važnijih čimbenika u grafičkoj proizvodnji je kvaliteta grafičkog proizvoda. Kako bi se dobio što kvalitetniji grafički proizvod pogreške koje se javljaju u procesu tiska treba eliminirati ili svesti na minimum. Parametri koji najviše utječu na utječu na kvalitetu su:

- kvaliteta tiskovne forme,
- kvaliteta valjka za bojanje,
- utjecaj gumene navlake,
- utjecaj bojila,
- utjecaj otopine za vlaženje,
- utjecaj tiskovne podloge,
- utjecaj tiskarskog stroja,
- ljudski faktor [4].

Kontrola kvalitete tiska i upravljanje tiskom obavlja se alatima koji se zovu kontrolni stripovi [3]. Kontrolni stripovi se otiskuju na donjem dijelu arka koji se obrezuje. S obzirom kako se iz njih određuje kvaliteta dijele se na:

- signalne stripove,
- mjerne stripove.

Pomoću signalnih stripova vizualno se ustanovljavaju promjene u tisku, a pomoću mjernih se to radi uređajima. Stripovi i mjerenja moraju se primjenjivati u tisku zbog neuniformiranosti ljudskog oka i različitog subjektivnog doživljaja kvalitete otiska.



Slika 11. Primjer kontrolnog stripa [9]

Pomoću mjernih stripova možemo odrediti gustoću obojenja tj. optimalno obojenje čime se može standardizirati proces tiska, CIE $L^*a^*b^*$ vrijednosti boja koje određuju karakteristike i razlike boja, prirast rastertonskih vrijednosti, relativni tiskovni kontrast, prihvaćanje boje, sivoću boje, efikasnost boje, pogrešku tona i kromatične koordinate sivog balansa. Primjer mjernog stripa prikazan je na slici 11.

2.2.1. Gustoća obojenja

Gustoća obojenja definira se kao refleksija ukupne svjetlosti koja dolazi u oko ili uređaj, neovisno o rastertonskoj vrijednosti. Gustoća obojenja izražava se logaritamskim jedinicama, a mjeri se u području 0.1 – 3.5.

Gustoća obojenja može se mijenjati tijekom tiska što može biti pozitivna ili negativna karakteristika tiska. Pozitivna karakteristika je mogućnost ispravljanja pogrešaka koje nastaju u pripremi. Negativna karakteristika je stalno ispravljanje gustoća obojenja i stalna pažnja tiskara za vrijeme tiska. Javlja se i problem promjene zonskog obojenja koje ovisi o potrošnji bojila po zonama koji se rješava upotrebom automatski vođenog tiska koji ima mogućnost snimanja cijelog tiskovnog arka. Na taj način promjene koje nastanu mogu se pratiti zadržavanjem gustoće obojenja punog polja unutar određenih tolerancija ili zadržavanjem gustoće obojenja kada se mjeri određena rastertonska vrijednost.

Standardno obojenje u tisku određuje se denzitometrijskim mjerenjem punog tona za sve četiri procesne boje. Denzitometrijske vrijednosti mogu varirati ovisno o tipu tiskovnog materijala kao što se vidi u tablici 2.

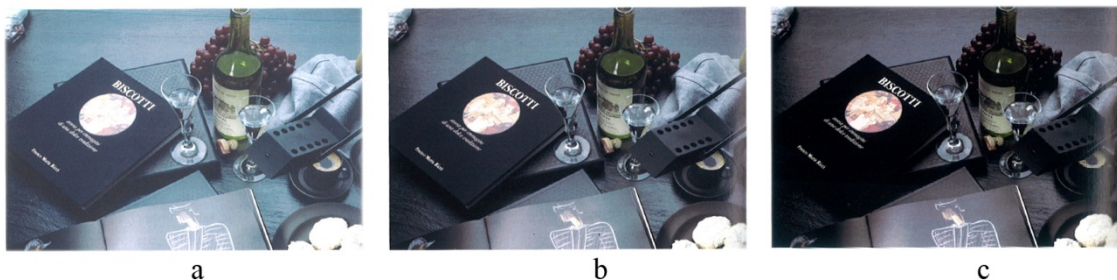
Tablica 2. Preporučene gustoće obojenja za CMYK bojila na različite vrste papira s polarizacijom i bez polarizacije svjetlosti [9]

Vrsta materijala	D_iC nepol./pol.	D_iM nepol./pol.	D_iY nepol./pol.	D_iK nepol./pol.
Sjajni premazani, bezdrvni	1.52/1.66	1.38/1.54	1.41/1.55	1.62/1.95
Mat premazani, bezdrvni	1.38/1.54	1.33/1.47	1.30/1.44	1.48/1.84
Sjajni premazani za rototisak	1.35/1.57	1.37/1.47	1.30/1.44	1.57/1.89
Nepremazani bijeli	1.00/1.10	0.90/1.05	0.88/1.06	1.10/1.35
Nepremazani žućkasti	1.03/1.15	0.96/1.14	0.98/1.16	1.10/1.37

Ako se tiska s gustoćama obojenja različitim od vrijednosti iz tablice 2. potrebno je zadržati odnos obojenja u kojem najveće obojenje ima crna, dok cijan ima nešto veće obojenje od magente i žute koje se mogu tiskati u vrlo sličnim vrijednostima ili vrijednostima u kojima magenta ima nešto veću gustoću obojenja [9].

Definiranjem optimalnog obojenja, proces tiska postaje standardiziran i može se ponoviti. Prilikom rastriranja višebojnih originala u ofsetnom tisku postoje ograničenja ukupnog nanosa gustoće obojenja. Ograničenje je uvjetovano sušenjem, stoga je kvaliteta sušenja ovisna o vremenskom periodu sušenja kao i o vrsti i kvaliteti tiskovne podloge. Kako ne bi došlo do pada kvalitete uslijed prevelikog sloja bojila na tiskovnoj podlozi, preporuka ukupnog nanosa bojila kod višebojnog tiska je:

- ofsetni tisak iz araka – 320% (max. 350%)
- ofsetni tisak iz role – 280% (max. 300%)
- novinski ofsetni tisak – 240% (max. 260%)



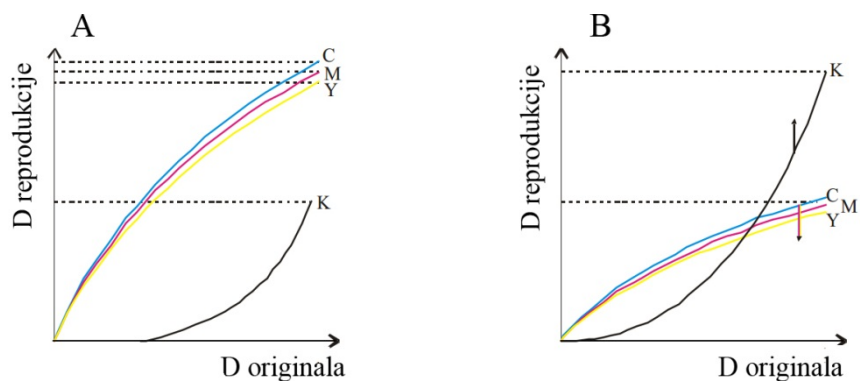
Slika 12. Prikaz različitih ukupnih nanosa bojila:

a)300% b)320% c)350% [9]

Kada je tiskovna podloga manje kvalitetna ukupni nanosi bojila se smanjuju kako ne bi došlo do pada kvalitete otiska uslijed prevelikog sloja bojila na tiskovnoj podlozi. Zbog toga se koristi UCR ili GCR metoda prilikom rastriranja. Kao što se vidi na slici 13., UCR metodom smanjuje se udio šarenih boja za određeni postotak i dodaje se crna na tamnim mjestima originala [9].

Bez UCR: $3 \times 90\% \text{ RTV (C,M,Y)} + 40\% \text{ RTV (K)} = \text{debeli nanos bojila}$

UCR: $3 \times 50\% \text{ RTV (C,M,Y)} + 90\% \text{ RTV (K)} = 240\% \text{ RTV}$



Slika 13. Nanosi bojila: A) bez UCR metode,

B) s UCR metodom

Prilikom tiska velikih gustoća obojenja u većini slučajeva dolazi do problema prilikom zapunjenja rasterskih elemenata. U tom slučaju preporučuje se izrada predloška za crnu boju (na dijelovima višetonskih slika) gdje će se 100% rastertonske vrijednosti ponašati kao 97% rastertonske vrijednosti kod tiska iz arka. Kod tiska iz role ponašati će se kao 95%, a kod novinskog tiska 90% rastertonske vrijednosti [9].

Prednosti korištenja UCR/GCR metoda su:

- brže sušenje otisaka zbog manje količine bojila na tiskovnoj podlozi,
- crno bojilo jeftinije je od šarenih bojila,
- dodatak crnog bojila daje veću gustoću boje u sjenovitim područjima čime se dobiva jača crna boja na otisku.

Manji nanos bojila označava smanjenje debljine sloja bojila, svjetliji ton boje, manju apsorpciju, višu refleksiju i manje vrijednost gustoće obojenja. Veći nanos bojila označava veliku debljinu sloja bojila, tamniji ton boje, veću apsorpciju, manju refleksiju, veću vrijednost gustoće obojenja.

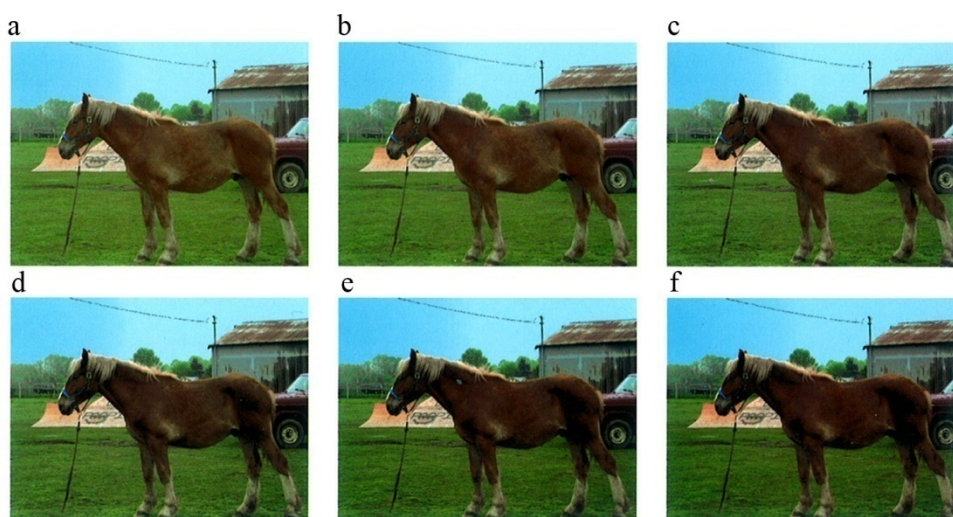
2.2.2. Relativni tiskovni kontrast

Raspon gustoće obojenja ustanovljava se pod povećanjem tako da rasterski element RTV koji predstavlja donju granicu raspona gustoće obojenja na otisku mora biti vidljiv. Isto tako rasterski element RTV koji predstavlja gornju granicu raspona gustoće obojenja na otisku mora biti vidljiv na način da je odvojen od susjednog rasterskog elementa, odnosno da se na otisku vidi netiskovne površine tj. bjeline. Raspon gustoće u direktnoj je ovisnosti s korištenim gustoćama obojenja u tisku, ako je gustoća obojenja veća nego što stroj može na kvalitetan način prenijeti bojilo na tiskovnu podlogu, dolazi do zapunjenja slobodnih površina na velikim RTV [9].

Raspon gustoće obojenja određuje se relativnim tiskovnim kontrastom. Maksimalni raspon gustoće obojenja u tisku bitan je zbog što kvalitetnije reprodukcije malih i velikih rastertonskih vrijednost što se vidi na slici 14.

Kvalitetan otisak definiran je i rasponom gustoće obojenja koja u ofsetnom tisku iznosi:

- 3% - 97% RTV za linijaturu rastera do 70 lin/cm
- 3% - 95% RTV za linijaturu rastera do 70 – 80 lin/cm i probni otisak



Slika 14. Različiti rasponi gustoće obojenja:

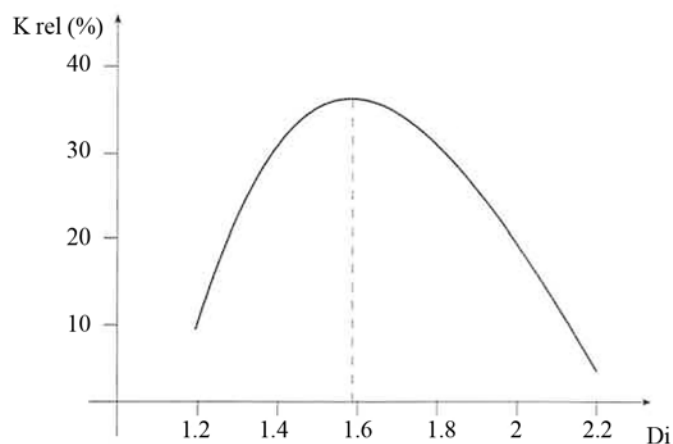
- a) 2 - 98 % RTV b) 2 - 97 % RTV c) 2 - 96 % RTV
d) 2 - 95 % RTV e) 2 - 94 % RTV f) 2 - 93 % RTV [9]

Optimalno obojenje kod kojeg se postiže maksimalni raspon gustoće obojenja, dobiva se izračunom relativnog tiskovnog kontrasta:

$$K_{rel} = \frac{D_{PP} - D_R}{D_{PP}} \times 100\% \quad [2.2.2. - 1]$$

D_{PP} označava gustoću obojenja punog polja, a D_R gustoća obojenja tričetvrtinskog polja (70 – 80% RTV) [9].

Za izračun relativnog tiskovnog kontrasta, prvo se rade otisci s obojenjem većim od preporučenih vrijednosti, zatim se obavlja tiskanje bez dotoka bojila u sistem za obojenje. Dobivaju se otisci različite gustoće obojenja te se izmjere formulom postojeća polja. Otisak na kojem relativni tiskovni kontrast ima svoju maksimalnu vrijednost smatra se optimalnim obojenjem [9]. Kada je postignut najveći relativni tiskovni kontrast vidljive su visoke RTV i minimaliziran utjecaj pomaka u prirasta RTV, koji je uobičajen tijekom naklade. Ovisnost relativnog tiskovnog kontrasta i gustoće obojenja prikazan je na grafu 2. relativni tiskovni kontrast varira za svaki pojedini tiskovni materijal.



Graf 2. Ovisnost relativnog tiskovnog kontrasta i gustoće obojenja [9]

2.2.3. Prostor boja CIE L*a*b*

Prostor boja je način pomoću kojeg se definiraju boje, najčešće pomoću tri parametra. Ti parametri određuju poziciju boje unutar prostora boja koji se koristi. CIE L*a*b* prostor boja se upotrebljava u grafičkoj industriji pri definiranju boja i toleranciji između dviju boja. Boja je u ovom sustavu definirana koordinatama koje smještaju boju CIE L*a*b* prostor boja, kao što je prikazano na slici 15. prostor se sastoji od parametara:

- a* (crveno - zelena os)
- b* (plavo - žuta os)
- L* (svjetlina)

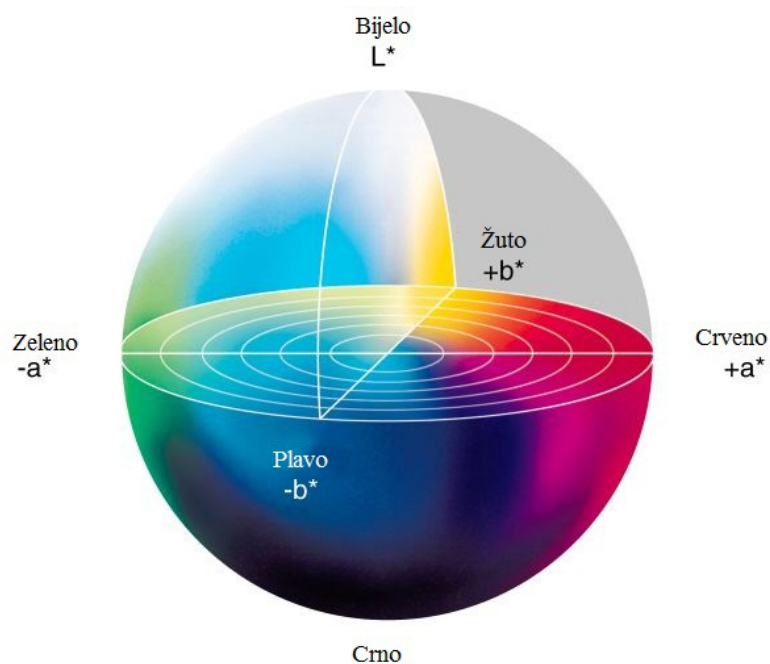
Dobivene vrijednosti spektrofotometrijskog mjerenja moguće je upisivati u prostorne trodimenzionalne prikaze i izračunati razliku boja (ΔE) formulom:

$$\Delta E = [(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]^{1/2} \quad [2.2.3. - 1]$$

Navedena razlika boja definirana je standardiziranim vrijednostima pa se za gornju granicu razlike boja ΔE za koju se smatra da je razlika boja optimalna uzima vrijednost $\Delta E \leq 2$ [9]. Ostale vrijednosti razlike boja su u tablici 3.

Tablica 3. Vrijednosti i tolerancije ΔE razlike boja [9]

Vrijednost ΔE	Tolerancija
< 1	ljudsko oko ne vidi razliku
1 - 2	vrlo mala razlika, razlika optimalna
2 - 3,5	umjerena razlika
3,5 - 5	razlika
5 >	velika razlika



Slika 15. CIE $L^*a^*b^*$ prostor boja [9]

Tijekom vremena, uočeni su nedostaci ΔE formule. Formula je 1994. godine modificirana u cilju poboljšanja korelacije između vizualnih procjena i instrumentalnog mjerenja, putem prikupljanja različitih empirijskih podataka. Nova formula prilagođava vrijednosti svjetline, zasićenja i tona, tako što uzima u obzir faktore k , S , koji ispravljaju varijacije u percipiranoj veličini razlika boja u različitim područjima CIE LAB prostora boja. Faktori k_L , k_C i k_H su parametarski faktori koji se koriste za prilagođavanje relativnih vrijednosti svjetline, zasićenja i tona, kod uvjeta promatranja koji su različiti od onih definiranih od strane CIE komisije. Godine 2000. formula je ponovno dorađena i nazvana CIE ΔE_{2000} . Nova formula, osim svjetline, zasićenja i tona, uključuje različitosti između zasićenja i tona, zbog poboljšanja prikazivanja boja u plavom dijelu spektra, kao i faktor povećanja vrijednosti a^* , koji utječe na poboljšanje sivih boja [14].

Ukupna razlika boja prema ΔE^*_{00} , definirana je matematičkim izrazom [15]:

$$\Delta E^*_{00} = \sqrt{\left(\frac{\Delta L'}{k_L S_L}\right)^2 + \left(\frac{\Delta C'}{k_C S_C}\right)^2 + \left(\frac{\Delta H'}{k_H S_H}\right)^2 + R_T \frac{\Delta C'}{k_C S_C} \frac{\Delta H'}{k_H S_H}} \quad [2.2.3. - 2]$$

3. EKSPERIMENTALNI DIO

3.1. PLAN RADA

Za potrebe eksperimentalnog dijela na istom ofsetnom stroju otisnuti su isti motivi na neupojnoj tiskovnoj podlozi s različitim nanosima bojila. Mjerjenja će se napraviti na 20 otisaka iz različitih dijelova naklade i različitim nanosima bojila. Vizualno će se odrediti kvaliteta tiska i utvrditi na kojim otiscima dolazi do gubitka kvalitete. Spektrofotometrom će se na mjernim stripovima mjeriti gustoća obojenja, odnosno stupanj refleksije svjetlosti sa otisnutog bojila, a vizualno relativni tiskovni kontrast.



Slika 16. Otisci koršteni za eksperimentalni dio

Promatrati će se ovisnost nanosa bojila, gustoće obojenja i kvalitete tiskovne podloge. Rezultati istraživanja biti će prikazani u tablicama i grafovima te će odrediti kako se ovisno o nanosu bojila na tiskovnoj podlozi mijenja kvaliteta odnosno relativni tiskovni kontrast i raspon gustoće obojenja. Ustanoviti će se koliko se može povećavati nanos bojila na tiskovnoj podlozi koja nije upojna, a da ne dođe do mazanja.

3.2. KORIŠTENI STROJEVI, UREĐAJI I MATERIJALI

3.2.1. Ofsetni stroj Heidelberg Speedmaster SM 74

Tehničke karakteristike:

Broj boja po prolazu:	4
Godina proizvodnje:	2001.
Format:	500 mm x 700 mm

Formati:

Maksimalna veličina papira:	530 mm x 740 mm
Maksimalna površina otiska:	510 mm x 740 mm
Minimalna veličina papira:	210 mm x 280 mm

Tiskovni materijal:

Debljina papira:	0.3 – 0.60 mm
------------------	---------------

Tisak:

Maksimalna brzina:	15 000 otisaka na sat
--------------------	-----------------------



Slika 17. Heidelberg Speedmaster SM 74

3.2.2. Tiskovna forma

Format tiskovne forme:	605 mm x 745 mm
Debljina tiskovne forme:	0.3 mm
Materijal:	Aluminij
Izrada:	CTP

3.2.3. Bojilo INKredible Resista

Standardno ofsetno bojilo, otporno na otiranje, bazirano na obnovljivim sirovinama.

Gustoća na 20°C:	1.03 g/cm ³
------------------	------------------------



Slika 18. Korišteno INKredible Resista bojilo

3.2.4. Tiskovne podloge

Proizvođač:	UPM-Kymmene
Svojstva:	bezdrvni, 3 x premazani papir obostrano
Gramatura:	250 g/m ²
Debljina:	184 µm
Svjetlina:	98 %
Hrapavost:	0.8 µm



Slika 19. Tiskovne podloge korištene za eksperimentalni dio

3.2.5. Spektrofotometar X – rite Spectro Eye



Slika 20. Spektrofotometar X – rite Spectro Eye

Tehničke karakteristike:

Izvor svjetlosti	D50, D55, D60, D65, D70, D75, A, C, F1,... F12
Kut promatranja po CIE	2°, 10°
Standardi mjerenja	ISO status A, E, I, T, DIN 16536, DIN 16536 NB, SPI
Spektralni opseg mjerenja	380 nm – 730 nm
Geometrija mjerenja	45°/0° optički prsten, DIN 5033
Otvor za mjerenje	4.5 mm ili 3.2 mm
Vrijeme mjerenje	1.5 s
Opseg mjerenja	Gustoća DIN 16536 0.0 D – 2.5. D
Linearnost	± 0.01 D

4. REZULTATI I RASPRAVA

Kako bi odredili kvalitetu otisaka pomoću GATF kontrolnog stripa spektrofotometrom su izmjerene vrijednosti i izrađene tablice i krivulje. Gustoća obojenja punog polja (D_P) mjerena je na poljima 100%-tnerastertonske vrijednosti, a gustoća obojenja rastera (D_R) mjerena je na poljima 70%-tnerastertonske vrijednosti četiri osnovne boje. Iz tih vrijednosti izračunat je prema formuli relativni tiskovni kontrast (K). Raspon gustoće obojenja određen je vizualno pod povećanjem.

Početak naklade (smanjen nanos bojila)

Tablica 4. Izmjerene vrijednosti za cijan boju

	D_P	D_R	K	Raspon gustoće obojenja
1.	1.22	0.63	48.36 %	4 - 97
2.	1.25	0.62	50.4 %	4 – 97
3.	1.32	0.66	50 %	4 – 96
4.	1.37	0.68	50.03 %	4 – 96
5.	1.36	0.70	48.5 %	4 – 97

Tablica 5. Izmjerene vrijednosti za magenta boju

	D_P	D_R	K	Raspon gustoće obojenja
1.	1.53	0.77	49,67	3 - 96
2.	1.54	0.80	48.05 %	3 – 96
3.	1.58	0.87	44.96 %	3 – 95
4.	1.56	0.84	46.15 %	3 – 95
5.	1.54	0.85	44.80%	3 – 96

Tablica 6. Izmjerene vrijednosti za žutu boju

	D_P	D_R	K	Raspon gustoće obojenja
1.	2.00	1.31	34.5 %	/
2.	2.00	1.35	32.5 %	/
3.	2.04	1.41	30.88 %	/
4.	2.07	1.47	28.98 %	/
5.	2.12	1.52	28.3 %	/

Tablica 7. Izmjerene vrijednosti za crnu boju

	D_P	D_R	K	Raspon gustoće obojenja
1.	1.91	0.81	57.59 %	3 - 98
2.	1.90	0.78	58.94 %	2 – 98
3.	1.96	0.80	59.18 %	3 – 98
4.	1.96	0.84	57.14 %	3 – 97
5.	1.96	0.82	58.16 %	3 – 97

Na početku naklade tiska se tiska se s minimalno bojila, iako tiskar prema iskustvu povećava nanos crnog i žutog bojila pa te boje imaju veću gustoću obojenja punog polja u odnosu na magentu i cijan, koji ima najmanju gustoću obojenja punog polja. Nanos žutog bojila je već sad prevelik što se vidi zbog malog relativnog tiskovnog kontrasta i nemogućnosti vizualnog određivanja raspona gustoće obojenja. Nanos crnog bojila je već na početku naklade idealan.

Sredina naklade

Tablica 8. Izmjerene vrijednosti za cijan boju

	D_P	D_R	K	Raspon gustoće obojenja
1.	1.39	0.67	51.79 %	3 – 97
2.	1.45	0.68	53.1 %	3 – 97
3.	1.45	0.65	55.17 %	2 – 98
4.	1.50	0.70	55.03 %	3 – 97
5.	1.49	0.67	55.03 %	3 – 97

Tablica 9. Izmjerene vrijednosti za magenta boju

	D_P	D_R	K	Raspon gustoće obojenja
1.	1.74	0.85	51.14 %	2 – 97
2.	1.75	0.85	51.42 %	2 – 97
3.	1.75	0.84	52 %	2 – 98
4.	1.74	0.83	52.29 %	2 – 97
5.	1.75	0.89	49.14 %	2 – 97

Tablica 10. Izmjerene vrijednosti za crnu boju

	D_P	D_R	K	Raspon gustoće obojenja
1.	2.00	1.37	31.5 %	/
2.	2.01	1.36	32.33 %	/
3.	2.02	1.33	34.15 %	/
4.	2.02	1.34	33.66 %	/
5.	2.01	1.33	33.83 %	/

Tablica 11. Izmjerene vrijednosti za crnu boju

	D_P	D_R	K	Raspon gustoće obojenja
1.	1.99	0.91	54.27 %	2 – 97
2.	2.03	0.89	56.15 %	2 – 97
3.	2.02	0.86	57.42 %	2 – 97
4.	2.07	0.89	57 %	2 – 97
5.	2.05	0.91	55.6 %	2 - 97

U sredini naklade povećavaju se nanosi bojila cijana, magente i crne, dok se nanos žutog bojila ne mijenja znatno. U odnosu na početak naklade, povećanjem nanosa bojila povećava se i relativni tiskovni kontrast te je lako odrediti raspon gustoće obojenja.

Kraj naklade (povećani nanos bojila)

Tablica 12. Izmjerene vrijednosti za cijan boju

	D_P	D_R	K	Raspon gustoće obojenja
1.	1.64	0.71	56.7 %	2 – 96
2.	1.71	0.83	51.46 %	2 – 96
3.	1.70	0.70	58.82 %	3 – 96
4.	1.74	0.72	58.62 %	3 – 96
5.	1.85	0.87	52.97 %	3 – 95
6.	1.88	0.88	53.19 %	2 – 95
7.	1.85	0.88	52.43 %	3 – 95
8.	1.89	0.88	53.43 %	2 – 95
9.	1.91	0.85	55.49 %	2 – 95
10.	1.99	0.84	57.78 %	2 – 95

Tablica 13. Izmjerene vrijednosti za magenta boju

	D_P	D_R	K	Raspon gustoće obojenja
1.	1.77	0.85	51.97 %	2 – 95
2.	1.93	0.96	50.25 %	2 – 95
3.	1.91	0.90	52.87 %	2 – 95
4.	1.93	0.93	51.81 %	2 – 95
5.	2.00	1.06	47 %	2 – 95
6.	2.02	1.06	47.52 %	2 -
7.	2.03	1.08	46.79 %	2 -
8.	2.03	1.07	47.29 %	2 -
9.	2.07	1.09	47.34 %	2 -
10.	2.13	1.11	47.88 %	2 -

Tablica 14. Izmjerene vrijednosti za žutu boju

	D_P	D_R	K	Raspon gustoće obojenja
1.	1.95	1.23	36.92 %	/
2.	1.96	1.19	39.28 %	/
3.	1.97	1.17	40.60 %	/
4.	1.96	1.17	40.3 %	/
5.	1.98	1.38	30.3 %	/
6.	1.98	1.37	30.8 %	/
7.	1.99	1.36	31.65 %	/
8.	1.99	1.37	31.15 %	/
9.	2.02	1.41	30.19 %	/
10.	2.05	1.43	30.24 %	/

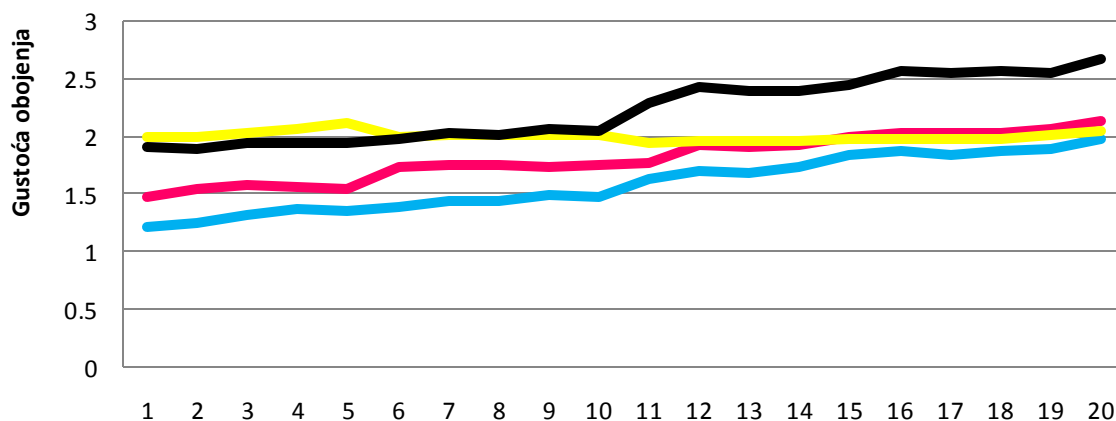
Tablica 15. Izmjerene vrijednosti za crnu boju

	D_P	D_R	K	Raspon gustoće obojenja
1.	2.29	0.98	57.2 %	3 -
2.	2.44	1.08	55.73 %	2 -
3.	2.40	0.98	59.16 %	2 -
4.	2.40	1.02	57.5 %	2 -
5.	2.46	1.06	56.91 %	2 -
6.	2.57	1.13	56.03 %	2 -
7.	2.55	1.09	57.25 %	2 -
8.	2.58	1.08	58.13 %	2 -
9.	2.56	1.08	57.81 %	2 -
10.	2.68	1.10	58.95 %	2 -

Na kraju naklade nanos bojila za cijan, magentu i crnu pojačava se sve dok ne dolazi do mazanja bojila. Relativni tiskovni kontrast otpada kod prevelikog nanosa bojila, a zbog zapunjenja rastertonskih elemenata teško se vizualno određuje raspon gustoće obojenja. Nanos žutog bojila se na kraju naklade smanjuje što rezultira većim relativnim tiskovnim kontrastom, ali još nedovoljno dobrim da bi se mogao vizualno odrediti raspon gustoće obojenja.

Promatrajući otiske i rezultate spektrofotometrijskih mjerenja prikazanih u tablicama dolazimo do zaključka da je kvalitetan otisak definiran relativnim tiskovnim kontrastom i rasponom gustoće obojenja. Relativni tiskovni kontrast izračunava se iz izmjerenih vrijednosti gustoće obojenja punog tona i gustoće obojenja rasterskog polja na području 3/4 tona (70-80% RTV). Raspon gustoće obojenja određuje se tako da se pod povećanjem promatraju rasterski element od 3% (donja granica obojenja) i rasterski element od 97% (gornja granica obojenja) na svakom pojedinom otisku.

Raspon gustoće obojenja u direktnoj je vezi s gustoćama obojenja. U ofsetnom tisku nanos bojila je promjenjiv i može se regulirati. Većom količinom bojila osigurava se veći raspon tonova, a time bolja reprodukcija, no preveliki nanos izaziva probleme sa sušenjem otisaka, preslikavanjem i sl. Zbog toga su određene i preporučene gustoće obojenja.



Graf 3. Mijenjanje gustoće obojenja kroz nakladu

U grafu 3. prikazano je mijenjanje gustoće obojenja kroz nakladu za četiri osnovne boje. Vidljivo je da su najveće promjene u crnoj i cijan boji, a najmanje u žutoj, koja se kroz nakladu mijenja minimalno.

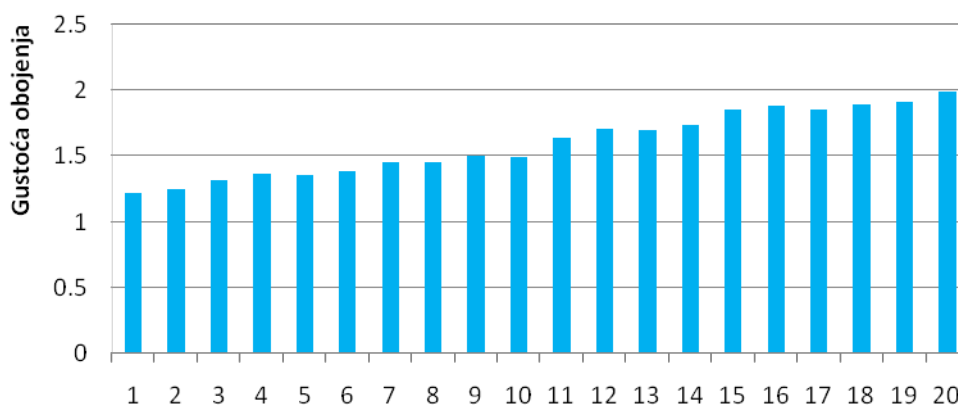
Izmjerene vrijednosti uspoređene su s preporučenim vrijednostima nanosa bojila za ovu tiskovnu podlogu i prikazane u tablici 16.

Tablica 16. Preporučene okvirne i stvarne vrijednosti gustoće obojenja punog polja za sjajni premazani, bezdrveni papir [9]

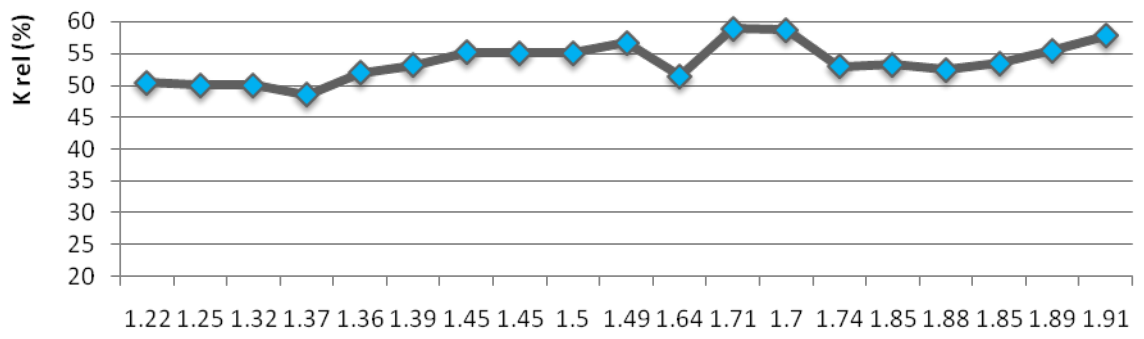
Gustoća obojenja	Preporučene vrijednosti	Izmjerene vrijednosti
Dicijan	1.66	1.7
Dimagenta	1.54	1.91
Di žuta	1.55	1.97
Di crna	1.95	1.96

Cijan

Na grafu 4. prikazano je mijenjanje gustoće obojenja tijekom naklade za cijan boju, a na grafu 5. varijacije relativnog tiskovnog kontrasta kroz nakladu ovisno o gustoći obojenja. Iz tablica je vidljivo da je optimalna gustoća obojenja za cijan boju oko 1.45 – 1.80 što potvrđuje i raspon gustoće obojenja. Kod manjih nanosa bojila na neupojnim tiskovnim podlogama ne reproduciraju se male rastertonske vrijednosti. Na grafu 6. prikazano je optimalno obojenje na kojem je relativni tiskovni kontrast maksimalan. Kod ove boje male rastertonske vrijednosti se dobro reproduciraju od vrijednosti gustoće obojenja 1.45 prema više, što predstavlja granicu kvalitete za ovu tiskovnu podlogu.

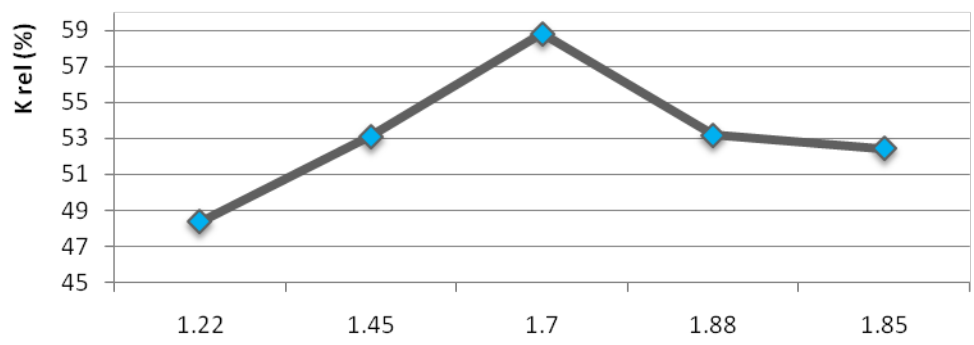


Graf 4. Gustoća obojenja cijan boje kroz nakladu



Di

Graf 5. Relativni tiskovni kontrast cijan boje kroz nakladu

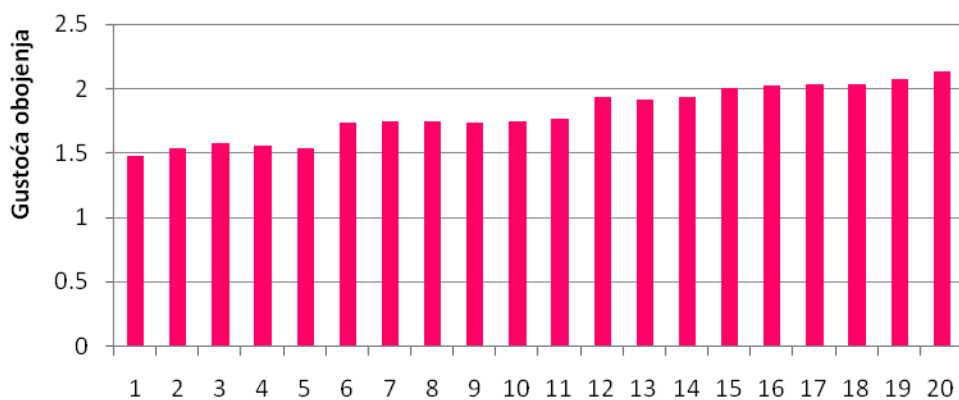


Di

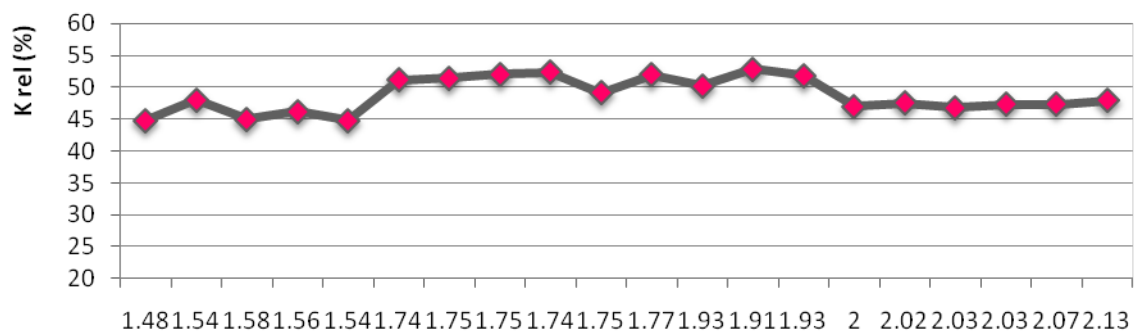
Graf 6. Krivulja relativnog tiskovnog kontrasta za cijan boju

Magenta

Na grafu 7. prikazano je mijenjanje gustoće obojenja tijekom naklade za magenta boju, a na grafu 8. varijacije relativnog tiskovnog kontrasta kroz nakladu ovisno o gustoći obojenja. Iz tablica je vidljivo da je optimalna gustoća obojenja za magenta boju na neupojnoj tiskovnoj podlozi od 1.70 do 1.90, što potvrđuje i raspon gustoće obojenja. Na grafu 9. prikazano je optimalno obojenje na kojem je relativni tiskovni kontrast maksimalan. Kod ove boje dolazi do zapunjenja velikih rastertonskih vrijednosti kod gustoće obojenja 2.02 što predstavlja granicu za ovu tiskovnu podlogu.

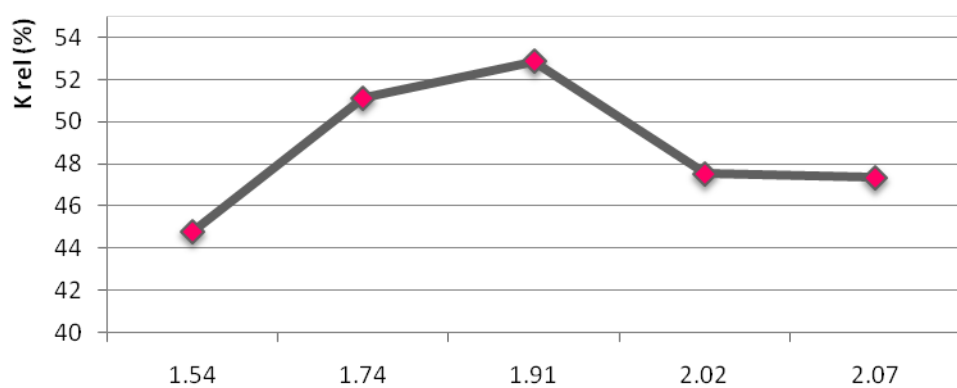


Graf 7. Gustoća obojenja magenta boje kroz nakladu



Di

Graf 8. Relativni tiskovni kontrast magenta boje kroz nakladu

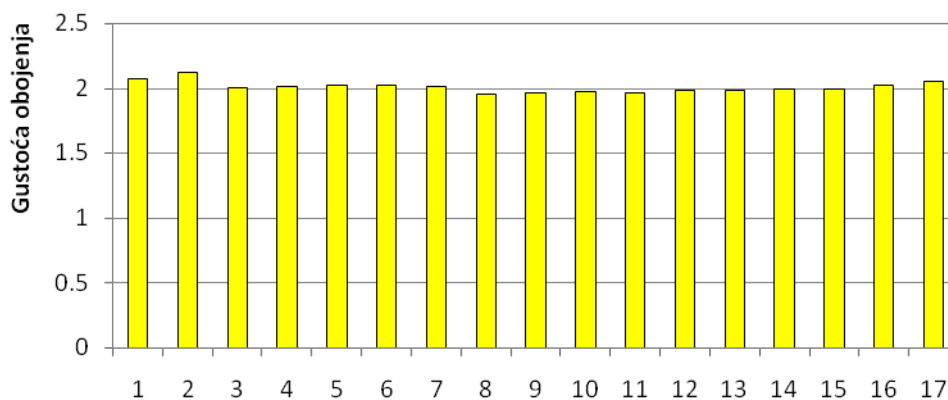


Di

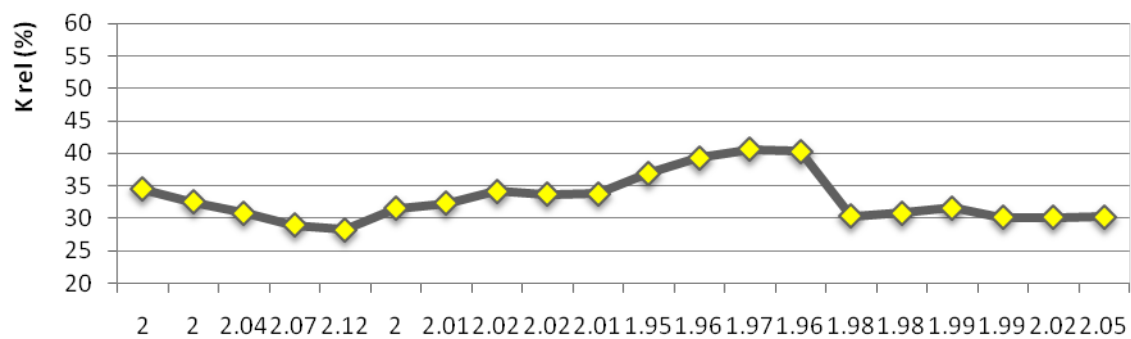
Graf 9. Krivulja relativnog tiskovnog kontrasta za magenta boju

Žuta

Na grafu 10. prikazano je mijenjanje gustoće obojenja tijekom naklade za žutu boju koje je vrlo malo u odnosu na druge boje, a na grafu 11. varijacije relativnog tiskovnog kontrasta kroz nakladu ovisno o gustoći obojenja. Iz tablica je vidljivo da se gustoća obojenja za žutu boju mijenja minimalno, a raspon gustoće obojenja se ne može vizualno odrediti. Tiskar je nanos žute boje povećao na samom početku naklade zbog čega nema velikih promjena u gustoći obojenja kod ove boje. Prema mjerenjima relativnog tiskovnog kontrasta, koji je kod žute boje najmanji, optimalna gustoća obojenja na ovim otiscima je oko 1.95. Na grafu 12. prikazano je optimalno obojenje za ovu nakladu na kojem je relativni tiskovni kontrast maksimalan. Na otiscima se ne može vidjeti raspon gustoće obojenja što znači da je na svim otiscima prevelik nanos bojila.

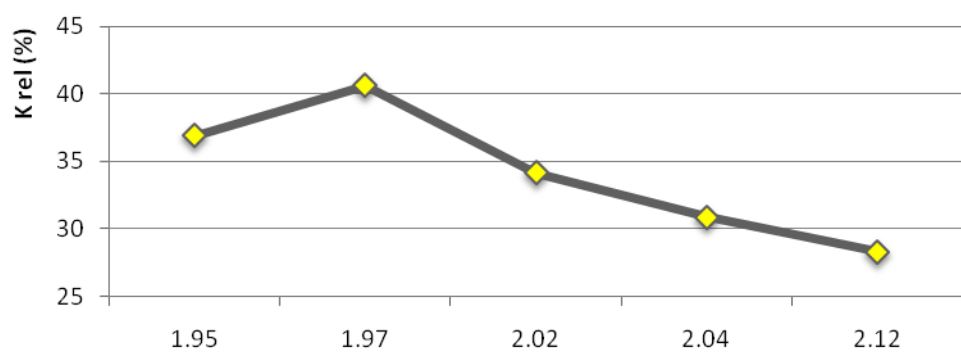


Graf 10. Gustoća obojenja žute boje kroz nakladu



Di

Graf 11. Relativni tiskovni kontrast žute boje kroz nakladu

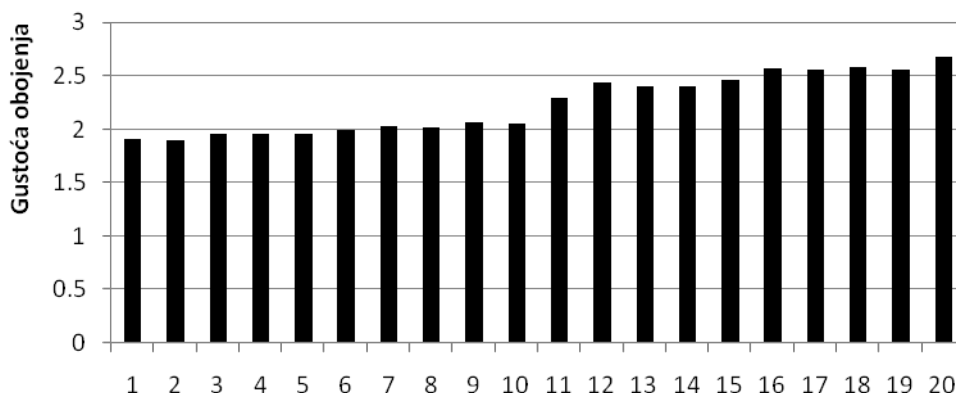


Di

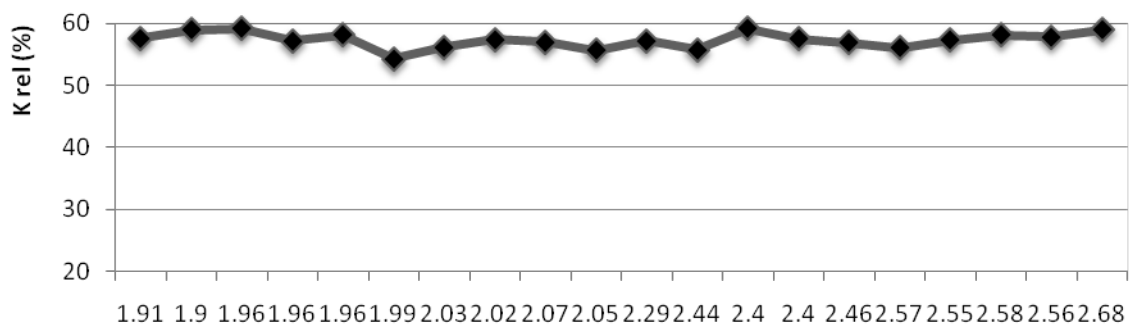
Graf 12. Krivulja relativnog tiskovnog kontrasta žute boje

Crna

Na grafu 13. prikazano je mijenjanje gustoće obojenja tijekom naklade za crnu boju, a na grafu 14. varijacije relativnog tiskovnog kontrasta kroz nakladu ovisno o gustoći obojenja. Iz tablica je vidljivo da je relativni tiskovni kontrast dosta visok i pri velikim gustoćama obojenja, ali raspon gustoće obojenja pokazuje da je optimalna gustoća obojenja za crnu boju na neupojnoj tiskovnoj podlozi oko 1.95. Kod velike gustoće obojenja crne boje dolazi do zapunjenja velikih rastertonskih vrijednosti. Kod ove tiskovne podloge granica gustoće obojenja za crnu boju je 2.05, nakon koje dolazi do gubitka kvalitete. Na grafu 15. prikazano je optimalno obojenje na kojem je relativni tiskovni kontrast maksimalan.

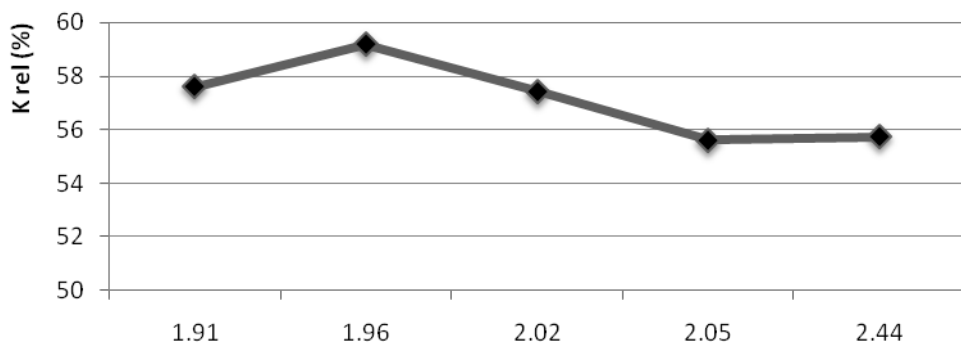


Graf 13. Gustoća obojenja kroz nakladu



Di

Graf 14. Relativni tiskovni kontrast kroz nakladu



Di

Graf 15. Krivulja relativnog tiskovnog kontrasta

5. ZAKLJUČCI

Cilj svakog procesa tiska je što kvalitetnija reprodukcija originala te minimalna devijacija boje tijekom procesa. Na kvalitetu otiska u grafičkoj tehnologiji utječe velik broj čimbenika i parametara koji nisu stalni što uzrokuje neujednačen dotok bojila na tiskovnu podlogu. Kvaliteta otiska se mijenja ovisno o količini bojila koje se nalazi na tiskovnoj podlozi, te se zbog toga ne dobivaju otisci iste kvalitete kroz cijelu nakladu. Količina bojila je ovisna i o svojstvima tiskovne podloge. U ofsetnom tisku prevelika količina nanesenog bojila na tiskovnu podlogu uzrokuje otežano sušenje, pogotovo ako se radi o neupojnim tiskovnim podlogama kao u ovom slučaju. Dok premala količina bojila znači svjetliji ton boje, mali kontrast i samim time loše reproduciran otisak.

Između svake tiskovne podloge i bojila postoje različite sile, zbog čega se različite tiskovne podloge ne ponašaju isto u procesu tiska. U ovom radu ispitano je kako se bojilo prihvaća na tiskovnim podlogama koje su neupojne. Tiskovna podloga određuje uspješnost nanosa bojila, a upojnost tiskovne podloge količinu bojila koja se može prenijeti procesom tiska.

Provedenim istraživanjem u ovom radu određene su granične vrijednosti kvalitete tiska i optimalne vrijednosti gustoće obojenja za neupojne tiskovne podloge. U nakladi koja se ispitivala, granične vrijednosti gustoće obojenja pri kojima je raspon gustoće obojenja vidljiv i optimalan (3 – 97%) iznosi: za cijan boju od 1.39 do 1.74, za magenta boju 1.53 – 2, za crnu boju 1.53 – 1.96, dok se za žutu u ovoj nakladi ne može odrediti jer je nanos bojila prevelik kroz cijelu nakladu. Iz dobivenih rezultata možemo zaključiti da gustoća obojenja varira ovisno o tiskovnim podlogama na koje se tiska, te da se na neupojnim tiskovnim podlogama gustoća obojenja koja daje najkvalitetniji otisak mora biti veća nego neupojnim tiskovnim podlogama. Promatrajući nanose svake pojedine boje tijekom naklade dolazimo do zaključka da su razlike tijekom naklade dosta izražene, navedene razlike najveće se za crnu boju, a najmanje za žutu boju. Kod manjih nanosa bojila od navedenih dolazi do smanjenja kvalitete zbog loše reprodukcije malih rastertonskih vrijednosti, a kod

većih nanosa bojila dolazi do zapunjenja velikih rastertonskih vrijednosti, sporog sušenja otiska, razmazivanja bojila itd.

Iz rezultata ispitivanja zaključujemo da se ovisno o količini bojila koju tiskovna podloga primi mijenja kvaliteta otiska, a promjenom te gustoće obojenja za određenu tiskovnu podlogu može utjecati na vizualni doživljaj i kvalitetu otiska.

LITERATURA

1. Bolanča S., Golubović K. (2008.) *Tehnologija tiska od Gutenberga do danas*, Senjski zbornik 35, 125 – 146, Senj, prosinac 2008., Gradski muzej Senj i Senjsko muzejsko društvo, Senj
2. Mesaroš F., (1971.) *Grafička enciklopedija*, Tehnička knjiga, Zagreb
3. Bolanča S. (1997.) *Glavne tehnike tiska*, Acta Graphica, Zagreb
4. Kipphan H. (2001.) *Hand book of print media*, Springer, Berlin
5. Tahirović H. (2010.) *Istraživanje odnosa svojstava ofsetnog cilindra i kvalitete reprodukcije*, Magistarski rad, Grafički fakultet, Zagreb
6. Bolanča S. (1991.) *Suvremeni ofsetni tisak*, Školska knjiga, Zagreb
7. Majnarić I. (2004.) *Kvaliteta Digitalnih otisaka uvjetovana starenjem tiskovne podloge*, Magistarski rad, Grafički fakultet, Zagreb
8. Mahović - Poljaček S. (2004.) *Utjecaj različitih ofsetnih tiskovnih formi na kakvoću grafičke reprodukcije*, Magistarski rad, Grafički fakultet, Zagreb
9. Zjakić I. (2007.) *Upravljanje kvalitetom ofsetnog tiska*, Hrvatska sveučilišna naklada, Zagreb
10. Horvatić S. (2012.) *Grafika 2 Papiri i višebojni tisak*, Markulin do.o., Zagreb
11. <http://materijali.grf.unizg.hr/media/vjezba%206.pdf> - Predavanja iz kolegija papir, Grafički fakultet Zagreb, 22.07.2013.
12. Golubović A. (1984.) *Tehnika izrade i svojstva papira*, Viša grafička škola, Zagreb
13. Golubović A., Mališić – Adamou I. (1976.) *Svojstva i ispitivanje papira*, Viša grafička škola, Zagreb
14. http://repro.grf.unizg.hr/media/download_gallery/Color%20Management.pdf – Uloga sustava za upravljanje bojom, 22.07.2013.
15. <http://www.ece.rochester.edu/~gsharma/ciede2000/ciede2000noteCRNA.pdf> – CIE DE 2000 forumla za razlikovanje boja, 22.07.2013.
16. http://www.heidelberg.com/www/html/en/content/products/sheetfed_offset/50x70/speedmaster_sm_74 – Heidelberg Speedmaster SM 74, 21.05.2013.

17. <http://www.microinks.com/images/Resista.pdf> – Ink Redible Resista informacije, 21.05.2013.
18. <http://www.upmpaper.com/en/Papers/Pages/default.aspx> – UPM papiri, 21.05.2013.
19. http://www.xrite.com/documents/literature/gmb/en/SPE_Manual_Nov07_en.pdf, X-rite Spectro Eye upusta za korištenje, 27.05.2013.